

Seqüestro de Carbono em Solos com Gramíneas

Introdução

A área de Cerrado no Brasil, com 210 milhões de hectares (Mha), representando aproximadamente 4% da área agricultável do mundo (BAYER et al., 2006) e na qual possui várias atividades agrícolas em expansão, tem incluído pastagens cultivadas, principalmente de gramíneas de origem africana, do gênero *Brachiaria* spp. (BODDEY et al., 2001; SILVA et al., 2004). Essas áreas sob pastagens de gramíneas ocupam mais de 80 Mha no Brasil, representando aproximadamente 70% de nossas pastagens, quase 10% do território nacional (BODDEY et al., 2001).

Na literatura existem alguns estudos que mostram indicadores de degradação e possíveis soluções para o restabelecimento de pastagens de *Brachiaria* no Brasil (REZENDE et al., 1999; OLIVEIRA et al., 2004; BODDEY et al., 2004). Considerando pastagens bem manejadas, dados de acúmulo de carbono (C) podem ser avaliados com a finalidade de se obter os estoques de carbono (EC) (FISHER et al., 1994; TARRÉ et al., 2001; REZENDE et al., 1999) verificaram que as pastagens bem manejadas apresentam grande potencial para retirar CO₂ da atmosfera e enriquecer o solo com matéria orgânica (MO). Esses autores também mostraram que após 10 anos de retirada da vegetação nativa de cerrado e da instalação das pastagens cultivadas de *Brachiaria*, o estoque de matéria orgânica do solo (MOS) foi reposto pela forrageira e tendeu a aumentar, por meio da decomposição de seus resíduos aéreos e raízes, acumulando grande quantidade de C. Segundo Kluthcouski et al. (2006), os teores de MO nas pastagens de *Brachiaria* podem ser maiores que o dos Cerrados virgens. Essas forrageiras tropicais são conhecidas também pela sua capacidade de adaptação às condições de clima e solos tropicais, produção de matéria seca em abundância, durante todo o ano, se as condições de temperatura e umidade do solo forem favoráveis. Segundo estudos de Barber e Navarro (1994), foi verificado que o *Panicum maximum* e a *Brachiaria brizantha* foram eficientes quanto ao aumento do teor de MO em um solo degradado. A *Brachiaria brizantha* foi a melhor opção a ser introduzida na rotação cultura-pastagem para melhorar a qualidade do solo, no que se refere à quantidade e distribuição de biomassa radicular. Qualquer mudança nos EC provocada por introdução dessas espécies de gramíneas proporciona um enorme impacto no balanço de gases do Efeito Estufa (BODDEY et al., 2001).

Fisher et al. (1994) estimaram que os EC até uma profundidade de 80 cm no perfil de um solo sob pastagem de *Brachiaria humidicola*, de 9 anos de idade, foi 26 Mg C ha⁻¹ (sendo 1 Mg = 10⁶ g = 1 milhão de toneladas) maior que o estoque de C no solo sob vegetação nativa em Carimagua, nos Llanos Orientales da Colômbia. As taxas de seqüestro de C avaliadas foram de 0,1-0,507 Pg ano⁻¹ (sendo 1 Pg = 10¹⁵ g = 1 bilhão de toneladas), uma quantidade expressiva ao considerar as condições de clima e solo predominantes, e potencialmente válidos, para os 250 Mha de vegetação de savanas da América do Sul.

Foto: Odo Primavesi



O uso de fertilizantes e calcário no solo é de grande importância na sustentabilidade agrícola. De acordo com Primavesi et al. (2004) o uso do calcário e de fontes nitrogenadas podem favorecer o enriquecimento do perfil do solo com cálcio, o que também estimula o desenvolvimento radicular em profundidade. Haynes e Naidu (1998) observaram que a prática da calagem pode causar aumento da atividade microbiana, mas seu efeito na agregação do solo ainda não foi totalmente esclarecido. Em longo prazo, a calagem pode

São Carlos, SP
Setembro, 2007

Autores

Aline Segnini
Química, Dra.,

Embrapa Instrumentação
Agropecuária, C.P. 741,
CEP 13560-970, São Carlos/SP,
aline@cnpdia.embrapa.br

Ladislau Martin Neto
Físico, Dr.,

Embrapa Instrumentação
Agropecuária, C.P. 741,
CEP 13560-970, São Carlos/SP,
martin@cnpdia.embrapa.br

Odo Primavesi

Eng. Agrônomo, Dr.,
Embrapa Pecuária Sudeste
C.P. 339, CEP 13560-970,
São Carlos/SP
odo@cnpse.embrapa.br

Débora M. Bastos Pereira Milori
Física, Dra.,

Embrapa Instrumentação
Agropecuária, C.P. 741,
CEP 13560-970, São Carlos/SP
debora@cnpdia.embrapa.br

Wilson Tadeu Lopes da Silva
Químico, Dr.,

Embrapa Instrumentação
Agropecuária, C.P. 741,
CEP 13560-970, São Carlos/SP
wilson@cnpdia.embrapa.br

Marcelo Luiz Simões

Físico, Dr.,
Embrapa Instrumentação
Agropecuária, C.P. 741,
CEP 13560-970, São Carlos/SP
marcelo@cnpdia.embrapa.br

aumentar a produção da colheita, retorno de material orgânico, conteúdo de MOS e portanto, agregação do solo. Os fertilizantes são utilizados com a finalidade de manter ou melhorar a produção da colheita e retorno de MO para a superfície, por uso regular de N, resultando também em maiores quantidades de MOS. Armelin et al. (2007) observou que o efeito dos tratamentos com a aplicação da calagem no solo foi melhor com o uso de fertilizantes NK, já que a calagem tem sido feita com a incorporação do N na recuperação de pastagens degradadas. Entretanto, ainda não são conhecidos realmente os efeitos do N no impacto das Mudanças Climáticas, sendo que neste trabalho, esses possíveis fatores não foram avaliados. Contudo, de acordo com Magnani et al. (2007), estudos de cronossequência em áreas com alta deposição de N poderiam ser realizados para entender se os efeitos benéficos do N no reservatório de C poderiam persistir no futuro.

Isso posto, este trabalho teve como objetivo quantificar os EC e estimar as taxas de seqüestro de C de uma área experimental de pastagens de *Brachiaria decumbens* de 27 anos de idade, comparando com uma vegetação nativa de cerrado. Além disso, foi possível avaliar neste trabalho alguns tratamentos de pastagem (com calagem e/ou adubação) com a finalidade de observar diferenças na dinâmica da MOS. A calagem tem sido utilizada no solo para corrigir sua acidez (CAIRES et al., 2006), entretanto, a eficiência da aplicação e sua quantidade têm sido questionadas. Adicionalmente, a adubação NK tem sido fundamental para o aumento do teor de MO nos solos, considerada como um fator limitante para o crescimento da *Brachiaria decumbens* (OLIVEIRA et al., 2004).

Experimental

O experimento analisado foi uma área de gramíneas da espécie forrageira *Brachiaria decumbens* (Fig. 1), com 27 anos de idade, instalado na Embrapa Pecuária Sudeste (21°58'Sul, 47°50'Oeste), localizado em São Carlos, no estado de São Paulo, região sudeste do Brasil. A temperatura média anual é de 20°C e o índice pluviométrico é de 1360 mm. O solo é do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, com 25% de argila e apresentando acidez elevada.

Os tratamentos avaliados neste trabalho foram: **cerradão (referência)** - mata mesófila semi-decídua (formação florestal mais seca que a Mata Atlântica e menos xenomorfa que o cerrado), denominada cerradão ou área de transição; **T00** - área de pastagem de *Brachiaria decumbens* sem adição de N e calcário; **t0** - área de pastagem de *Brachiaria decumbens* com zero de calcário superficial, recebendo 400 kg ano⁻¹ de N-sulfato de amônio e de K₂O; **t2m** - área de pastagem de *Brachiaria decumbens* com 2 t ha⁻¹ de calcário superficial, adubação NK e reforço anual de 1 t ha⁻¹ de calcário; e **t4sa** - área de pastagem de *Brachiaria decumbens* com 4 t ha⁻¹ de calcário superficial, sem adubação NK.

As amostras de solos foram coletadas em 2005 nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm, sendo que cada amostra de solo foi composta por 4 blocos, cada um constituindo uma repetição, tomado a partir de 5 sub-amostras.



Fig. 1 - Área do experimento de pastagens de *Brachiaria decumbens*, localizado na Embrapa Pecuária Sudeste em São Carlos-SP, referente ao tratamento t4sa (4 t ha⁻¹ de calcário superficial sem adubação NK).

Determinação da densidade do solo

As amostras indeformadas de solo foram coletadas com anel de Kopeck com borda biselada e volume interno de 50 cm³. A coleta foi realizada em trincheiras com 100 cm de profundidade. Os anéis foram coletados em 4 réplicas para cada parcela experimental.

Análise de carbono total

A determinação do teor de C total (% em m/m) das amostras de solo foi realizada no equipamento LECO CR 412 pertencente ao Laboratório de Biogeoquímica Ambiental do CENA/USP, em Piracicaba / SP.

Estoques de carbono (EC)

O cálculo dos EC para uma determinada profundidade é realizado a partir da equação:

$$EC (Mg ha^{-1}) = 10 \times [C \times d \times l] \quad (1)$$

onde (C) é a quantidade de C em g kg⁻¹, (d) a densidade em g cm⁻³ e (l) a espessura da camada em metros (MACHADO, 2005).

Taxas de seqüestro de carbono

As taxas de seqüestro de C foram calculadas para cada tratamento considerando os EC do cerradão como referência. A taxa anual foi estimada considerando a profundidade total, de 0 a 100 cm, após 27 anos sob pastagem. Ao comparar dois tratamentos, estimou-se:

$$\text{Taxa média de seqüestro de C (Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}) = [\text{EC}_{(\text{pastagem})} - \text{EC}_{(\text{cerrado})}] / 27 \text{ anos} \quad (2)$$

Resultados e discussão

A partir dos valores de C (Fig. 2) observa-se que os maiores teores de C foram observados nas amostras de solo sob pastagem, principalmente nos tratamentos com adição de adubação (t0 e t2m). A diferença de C é maior na superfície (0-10 cm), onde ocorre maior entrada e acúmulo de biomassa de planta. De acordo com Bayer et al. (2000, 2002), a concentração de resíduos vegetais recentes na superfície do solo acelera a entrada de compostos orgânicos metabolizáveis, sendo às vezes maior até que a capacidade dos microrganismos do solo em metabolizá-los. Esse efeito foi observado por esses autores em sistemas sob plantio direto (PD), manejo onde o solo não é revolvido e similar com o que foi observado nesse experimento. Houve uma tendência geral de diminuição nos teores de C com o aumento da profundidade em todos os tratamentos.

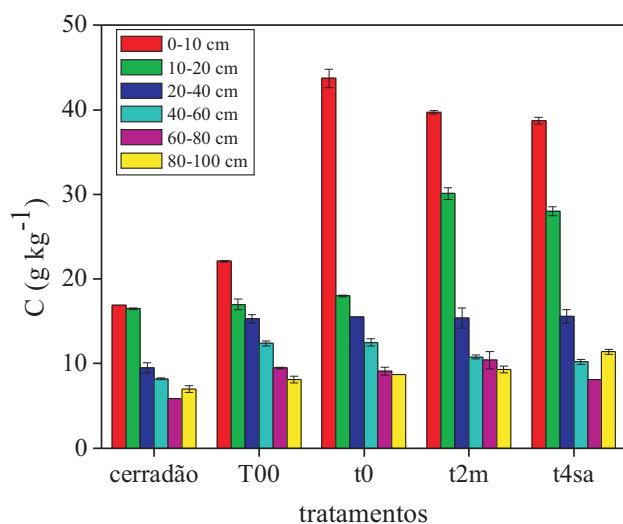


Fig. 2 - Valores de C (g kg^{-1}) das amostras de solos coletadas após 27 anos sob pastagens de *Brachiaria decumbens* nos diferentes tratamentos, em função da profundidade: T00 (sem N e calcário); t0 (zero de calcário na superfície, recebendo $400 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N-sulfato de amônio e K_2O); t2m (2 t ha^{-1} de calcário na superfície, adubação NK, e reforço anual de 1 t ha^{-1} de calcário) e t4sa (4 t ha^{-1} de calcário na superfície em parcelas sem NK), além da área de cerradão (área de transição da mata nativa e cerrado).

Tendo como referência a pastagem comum (T00) e considerando a profundidade de 0-10 cm, a adição do N fez com que aumentasse a quantidade de C na superfície do solo em 98%, como foi observado no tratamento t0, em relação ao valor do C do tratamento T00. A aplicação da calagem e adição de N fez com que aumentasse o teor de C em 80%, em t2m; e somente a aplicação da calagem fez com que o C aumentasse em 75%, como observado para o t4sa. Foram também observadas mudanças na profundidade de 10-20 cm, em relação à

pastagem comum (T00). A presença do N aumentou o teor de C em 6%, referente ao tratamento t0; a adição de calagem e N aumentou a quantidade de C em 77% no t2m; e somente a aplicação de calcário aumentou o C em 65%, observado no tratamento t4sa. Não houveram mudanças significativas nas profundidades abaixo de 20 cm.

O teor de C foi menor no cerradão devido ao menor aporte de biomassa comparado aos tratamentos de pastagens, certamente também devido à baixa fertilidade desse solo nativo. A introdução de gramíneas de origem africana, como as *Brachiaria*, também favorecem a qualidade do solo produzindo mais biomassa. De acordo com Oliveira et al. (2004), o nutriente limitante para o crescimento da *Brachiaria decumbens* em pastagens degradadas foi o N. Em pastagens não degradadas (produtivas), a entrada de N é o elemento essencial para o aumento da MO por resíduos e raízes. A aplicação da calagem (nos tratamentos t2m e t4sa), bem como sua quantidade, também é importante, principalmente como fonte de cálcio. Chan e Heenan (1996) observaram que a calagem inicialmente pode reduzir a quantidade de C, contudo pode aumentar o conteúdo de biomassa microbiana, desde que a calagem promova mineralização de C. Entretanto, após certo tempo, a presença do calcário, juntamente com o fertilizante tem resultado em aumentar o retorno de MO ao solo, devido ao acúmulo de biomassa. Com isso, de acordo com os resultados apresentados, o tratamento t2m, com aplicação de 2 t ha^{-1} de calcário, e adição anual de adubação NK e 1 t ha^{-1} de calcário no solo, foi considerado o melhor tratamento, devido principalmente ao acúmulo da MOS.

Na Tabela 1 encontram-se os valores dos EC, em Mg ha^{-1} , dos tratamentos de pastagens e cerradão, calculados em cada profundidade (0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm) e no total (0-100 cm).

Tabela 1 - Estoques de carbono (Mg ha^{-1}) em cada profundidade e total (0-100 cm) para diferentes tratamentos do solo.

profundidade (cm)	ESTOQUES DE CARBONO (Mg ha^{-1})				
	cerradão ^a	T00 ^b	t0 ^c	t2m ^d	t4sa ^e
0-10	25	31	64	57	56
10-20	25	24	27	44	42
20-40	25	42	41	41	41
40-60	22	32	34	29	27
60-80	15	25	24	28	21
80-100	17	20	22	24	28
TOTAL (0-100)	129	174	212	223	215

^a referência: área de transição da mata florestal mesófila semi-decídua;

^b área de pastagem de *Brachiaria decumbens* sem N e sem calcário;

^c área de pastagem de *Brachiaria decumbens* com zero de calcário superficial, recebendo 400 kg ano^{-1} de N-sulfato de amônio e de K_2O ;

^d área de pastagem de *Brachiaria decumbens* com 2 t ha^{-1} de calcário superficial, adubação NK, e reforço anual de 1 t ha^{-1} de calcário;

^e área de pastagem de *Brachiaria decumbens* com 4 t ha^{-1} de calcário superficial sem adubação NK.

Pela Tabela 1 observa-se que os maiores EC totais (0-100 cm) foram obtidos nos tratamentos de pastagens. Enquanto foi encontrado 129 Mg ha^{-1} no sistema de cerradão, os EC determinados para as pastagens foram de 174 a 223 Mg ha^{-1} . A magnitude dos valores dos EC encontrados neste trabalho (cerca de 200 Mg ha^{-1}) é similar ao determinado por Fisher et al. (1994), também de aproximadamente 200 Mg ha^{-1} , nas savanas colombianas, com 9 anos de experimento e ao

encontrado por Corazza et al. (1999), 150 Mg ha⁻¹, em pastagens cultivadas com *Brachiaria decumbens* após 23 anos de experimento, sendo todos esses valores avaliados nas mesmas profundidades. Os maiores EC obtidos nos solos sob pastagem em relação ao cerradão podem estar relacionados à maior entrada de material orgânico proveniente dos resíduos da gramínea, favorecendo o acúmulo de C, já que o solo não é revolvido nesse sistema de manejo.

A mudança da área de cerradão para pastagem (T00) resultou em um aumento de 35% nos EC do solo, considerando a profundidade total de 0-100 cm. A entrada de N (no tratamento t0) aumentou os EC em 22% em relação à pastagem comum (T00). A aplicação de calcário contribuiu para um aumento de 1,5% (em t4sa) e 5% (em t2m) dos EC em relação à pastagem somente com fertilizantes NK (em t0). Com isso, o maior impacto associado ao acúmulo de C, ocorreu com a mudança da vegetação de cerradão para a pastagem, possivelmente devido à presença de mais resíduo proveniente da gramínea. O segundo impacto observado foi devido à adubação, resultando em uma maior produção de forragem, adição de resíduos lábeis na superfície do solo e, conseqüentemente, mais C. O terceiro impacto foi devido ao uso da calagem, favorecendo o aumento da atividade microbiana e sistema radicular.

Considerando o tempo de pastagem de 27 anos, foi verificado a partir dos dados de EC totais calculados para os tratamentos avaliados neste experimento, que os EC dos sistemas de pastagens foram de 1,7 a 3,5 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ (obtidos pela Equação 2) maiores que os EC no solo sob vegetação de cerradão (Tabela 2). Comparativamente ao solo sob área de cerradão, o uso durante 27 anos do sistema de manejo de pastagens de *Brachiaria* promoveu um seqüestro de 6,1 a 12,8 Mg CO₂ ha⁻¹ ano⁻¹ da atmosfera. Esses valores de seqüestro de C em áreas de pastagens mostraram taxas elevadas de acúmulo de C, principalmente quando é comparado com sistemas de PD em áreas de Cerrado Brasileiro. Por exemplo, Bayer et al. (2006) calcularam as taxas de seqüestro de CO₂ nas principais áreas de PD do Cerrado do Brasil e verificaram que os valores médios variavam de -0,03 a 0,60 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ (camada 0-20 cm). Contudo, em cada região, as taxas de seqüestro de CO₂ podem mudar em decorrência do tipo de solo (textura e mineralogia), condições climáticas (temperatura e precipitação) e sistema de rotação de culturas adotado (com aporte de resíduos) (ROSCOE et al., 2006).

Tabela 2 - Taxas de seqüestro de C e CO₂ calculadas para cada tratamento tendo como base os EC da área de referência (cerradão), na profundidade total (0-100 cm), em 27 anos de experimento.

tratamento	taxa de seqüestro de C (Mg C ha ⁻¹ ano ⁻¹)	taxa de seqüestro de CO ₂ (Mg CO ₂ ha ⁻¹ ano ⁻¹)
T00 ^a	1,7	6,1
t0 ^b	3,1	11,3
t2m ^c	3,5	12,8
t4sa ^d	3,2	11,7

^a área de pastagem de *Brachiaria decumbens* sem N e sem calcário;

^b área de pastagem de *Brachiaria decumbens* com zero de calcário superficial, recebendo 400 kg ano⁻¹ de N-sulfato de amônio e de K₂O;

^c área de pastagem de *Brachiaria decumbens* com 2 t ha⁻¹ de calcário superficial, adubação NK, e reforço anual de 1 t ha⁻¹ de calcário;

^d área de pastagem de *Brachiaria decumbens* com 4 t ha⁻¹ de calcário superficial sem adubação NK.

Assumindo que a área total sob pastagens de *Brachiaria* no Brasil é de 80 Mha e considerando que essas pastagens estão bem manejadas e com adubação NK, é possível estimar um seqüestro de CO₂ da ordem de 0,49 a 1,02 Pg CO₂ ano⁻¹. Quando comparado às emissões globais do Planeta, que é da ordem de 29,4 Pg CO₂ ano⁻¹, sendo que 5,9 Pg CO₂ ano⁻¹ corresponde às emissões provenientes do desmatamento e mudança no uso do solo (IPCC, 2007), é possível obter nessas áreas um seqüestro de cerca de 8,3 a 17,3% do total de CO₂ atualmente emitido pelas atividades relacionadas ao desmatamento e à mudança de uso do solo. Naturalmente esse quadro é de difícil realização, dada a necessidade de manejar as pastagens com procedimentos similares aos adotados na área experimental. Mas de qualquer forma dá um indicativo do potencial de mitigação do aumento do efeito estufa que o Brasil dispõe.

Os resultados ressaltam a importância das gramíneas no aumento dos estoques e seqüestros de C, principalmente nas áreas tropicais, onde as gramíneas são mais fibrosas e resistentes à degradação que outras espécies.

Conclusões

De acordo com os resultados obtidos, os sistemas de pastagens bem manejados de *Brachiaria*, podem aumentar a MOS e com isso, proporcionar o seqüestro de CO₂ da atmosfera, em comparação com a vegetação nativa de cerradão.

Os maiores EC obtidos pelas pastagens são favorecidos pela constante entrada de material vegetal na superfície do solo, também influenciado pela entrada do N, na forma de fertilizante ou de mineralização do material orgânico, além do sistema radicular da gramínea. O aumento da MOS até a profundidade de 20 cm, comparando a pastagem de *Brachiaria* comum (T00) com os outros tratamentos, foram de aproximadamente 65 a 98% do teor de C, em função, principalmente, da adubação, e de menor relevância, do calcário. De acordo com esses estudos, considerou-se o tratamento t2m, com adição anual de N e aplicação de 2 t ha⁻¹ de calcário, o melhor tratamento em função do acúmulo da MOS.

Os resultados mostraram que pastagens bem manejadas de *Brachiaria decumbens* podem possibilitar um seqüestro de 6,1 a 12,8 Mg CO₂ ha⁻¹ ano⁻¹ da atmosfera. Ao considerar a área total de pastagens de *Brachiaria* no Brasil, pode-se estimar um potencial de seqüestro de cerca de 8,3 a 17,3% do total de CO₂ atualmente emitido pelas atividades relacionadas ao desmatamento e à mudança de uso do solo. A adoção de sistemas de manejo por pastagens não degradadas pode apresentar significante reservatório de C no solo, contribuindo para a mitigação do aquecimento global devido ao não revolvimento e não queimada do solo.

Referências

ARMELIN, M. J. A.; PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; SAIKI, M. Effect of liming and fertilizer on mineral content and productivity of *Brachiaria Decumbens* grass forage. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Lousanne, v. 271, p. 221-224, 2007.

BARBER, R. G.; NAVARRO, F. Evaluation of the characteristics of 14 cover crops in a soil rehabilitation trial. **Land Degradation and Development**, Chichester, v. 5, n. 3, p. 201-214, 1994.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; CERETTA, C. A. Effect of no-till cropping system on soil organic matter in a sandy clay loam Acrisol from southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 53, p. 95-104, 2000.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; SAAB, S. C.; MILORI, D. M. B. P.; BAGNATO, V. S. Tillage and cropping system effects on soil humic acid characteristics as determined by electron spin resonance and fluorescence spectroscopies. **Geoderma**, Amsterdam, v. 105, p. 81-92, 2002.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A.; DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian cerrado soils under no-till. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 86, p. 237-245, 2006.

BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; OLIVEIRA, O. C.; URQUIAGA, S. Potencial para acumulação e sequestro de carbono em pastagens de *Brachiaria*. In: LIMA, M. A.; CABRAL, O. M. R.; MIGUEZ, J. D. G. (Ed.). **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 213-229.

BODDEY, R. M.; MACEDO, R.; TARRÉ, R. M.; FERREIRA, E.; OLIVEIRA, O. C.; REZENDE, C. de P.; CANTARUTTI, R. B.; PEREIRA, J. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 103, p. 389-403, 2004.

CAIRES, E. F.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J. Lime application in the establishment of a no-till system for grain crop production in Southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 89, n. 1, p. 3-12, 2006.

CHAN, K. Y.; HEENAN, D. P. Lime affected structural stability of red earth under different tillage, stubble and rotation management. **Proceedings of the Australia and New Zealand National Soils Conference**, [S. l.], v. 3, p. 39-40, 1996.

CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 425-432, 1999.

FISHER, M. J.; RAO, I. M.; AYARZA, M. A.; LASCANO, C. E.; SANZ, J. I.; THOMAS, R. J.; VERA, R. R. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. **Nature**, London, v. 371, p. 236-238, 1994.

HAYNES, R. J.; NAIDU, R. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 51, p. 123-137, 1998.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Summary for Policymakers. Fourth Assessment Report. 21p. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/>>. Acesso em: 5 abr. 2007.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; COBUCI, T.; STONE, L. F.; THUNG, M. D. T.; BALBINO, L. C.; SILVA, C. C. da; OLIVEIRA, F. R. Integração lavoura-pecuária: estudo de caso vivenciado pela Embrapa Arroz e Feijão. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Ciência, agricultura e sociedade**. Brasília: Embrapa Informação e Tecnologia, 2006. p. 277-330.

MACHADO, P. L. O. A. Carbono no solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 329-334, 2005.

MAGNANI, F.; MENCUCCINI, M.; BORGHETTI, M.; BERBIGIER, P.; BERNINGER, F.; DELZON, S.; GRELLÉ, A.; PERTTI, H.; JARVIS, P. G.; KOLARI, P.; KOWALSKI, A. S.; LANKREIJER, H.; LAW, B. E.; LINDROTH, A.; LOUSTAU, D.; MANCA, G.; MONCRIEFF, J. B.; RAYMENT, M.; TEDESCHI, V.; VALENTINI, R.; GRACE, J. The human footprint in the carbon cycle of temperate and boreal forests. **Nature**, London, v. 447, p. 848-850, 2007.

OLIVEIRA, O. C. de; OLIVEIRA, I. P. de; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Chemical and biological indicators of decline/degradation of *Brachiaria* pastures in the Brazilian Cerrado. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 103, p. 289-300, 2004.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; CORREA, L. A.; ARMELIN, M. J. A.; FREITAS, A. R. F. **Calagem em pastagem de *Brachiaria decumbens* recuperada com adubação nitrogenada em cobertura**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004. 32 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica, 37).

REZENDE, C. P.; CANTARUTTI, R. B.; BRAGA, J. M.; GOMIDE, J. A.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; TARRÉ, R. M.; MACEDO, R. O.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; CADISH, G.; GILLER, K.; BODDEY, R. M. Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 54, p. 99-112, 1999.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 304 p.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; CORAZZA, E. J.; VIVALDI, L. Carbon storage in clayey oxisol cultivated pastures in the "Cerrado" region, Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 103, p. 357-363, 2004.

TARRÉ, R.; MACEDO, R.; CANTARUTTI, R. B.; REZENDE, C. de P.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. The effect of the presence of a forage legume on nitrogen and carbon levels in soils under *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Plant and Soil**, The Hague, v. 234, p. 15-26, 2001.

Circular Técnica, 41

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Instrumentação Agropecuária
Rua XV de Novembro, 1542 - Caixa Postal 741
CEP 13560-970 - São Carlos-SP
Fone: 16 3374 2477
Fax: 16 3372 5958
E-mail: sac@cnpdia.embrapa.br
www.cnpdia.embrapa.br

1a. edição
1a. impressão 2007: tiragem 300

Comitê de Publicações

Presidente: Dr. Carlos Manoel Pedro Vaz
Membros: Dra. Débora Marcondes B. P. Milori,
Dr. João de Mendonça Naime,
Dr. Washington Luiz de Barros Melo
Valéria de Fátima Cardoso
Membro Suplente: Dr. Paulo S. P. Herrmann Junior

Expediente

Supervisor editorial: Dr. Victor Bertucci Neto
Normalização bibliográfica: Valéria de Fátima Cardoso
Tratamento das ilustrações: Valentim Monzane
Editoração eletrônica: Valentim Monzane